

Actions via les auxiliaires

Approche systémique de l'intensification écologique pour le contrôle des bio-agresseurs

Alain Ratnadass

1. Intensification écologique et régulation des bio-agresseurs p. 172
2. Exemple d'approche systémique en arboriculture fruitière p. 173
3. Exemple d'approche systémique en maraîchage p. 175
4. Conclusions et perspectives p. 178

Références citées p. 179

Dans ce chapitre, « action via les auxiliaires » fait référence à la lutte biologique. « Approche systémique » et « intensification écologique » en appellent à une re-conception des systèmes de culture, dans une rupture par rapport au recours à l'agrochimie qui caractérise les systèmes conventionnels, horticoles en particulier.

Les trois formes de la lutte biologique

1. La lutte biologique « classique » (dite aussi par introduction, inoculation ou acclimatation) correspond au cas de figure où un ravageur exotique est introduit dans un pays et a un impact sur ses agro-écosystèmes. On va alors chercher dans sa région d'origine des auxiliaires exotiques eux aussi, a priori plus efficaces que les auxiliaires indigènes, à condition de pouvoir les acclimater. Un exemple emblématique de cette forme de lutte biologique vient de l'horticulture avec l'acclimatation en Californie en 1889-1890 de la coccinelle *Novius (Rodolia) cardinalis* prédatrice de la cochenille australienne des agrumes *Icerya purchasi* introduite accidentellement en 1868 (Caltagirone et Douthett, 1989).

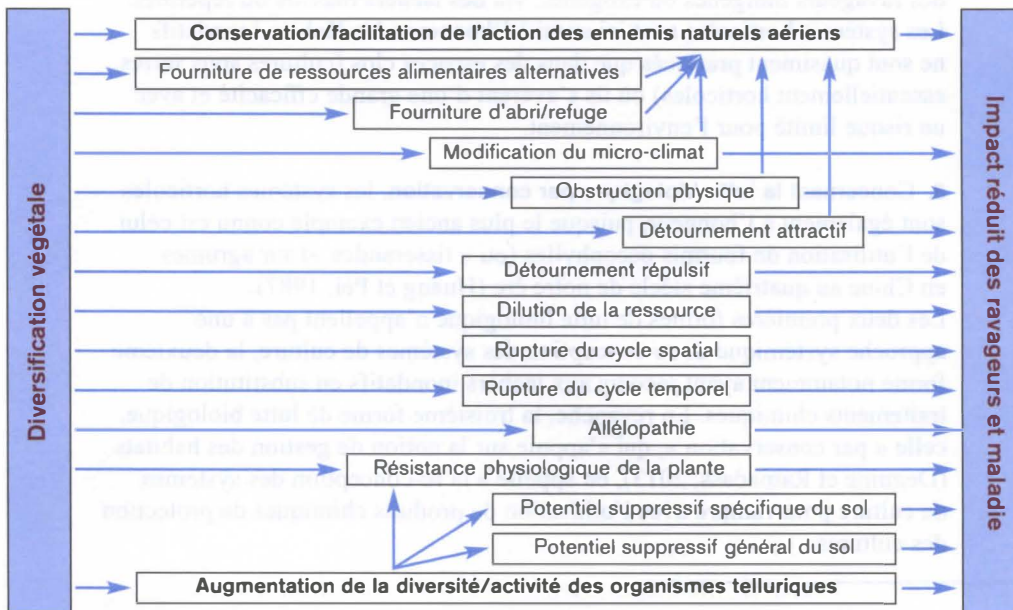
2. Dans la lutte biologique par augmentation (ou inondation), ce sont des auxiliaires indigènes (ou supposés tels) qu'on utilise pour contrôler des ravageurs indigènes ou exogènes, via des lâchers massifs ou répétitifs. Les systèmes horticoles sont ici aussi à l'honneur : les lâchers inondatifs ne sont quasiment pratiqués que dans des espaces clos (cultures sous serres, essentiellement horticoles) où ils s'avèrent d'une grande efficacité et avec un risque limité pour l'environnement.

3. Concernant la lutte biologique par conservation, les systèmes horticoles sont également à l'honneur, puisque le plus ancien exemple connu est celui de l'utilisation de fourmis oecophylles (ou « tisserandes ») sur agrumes en Chine au quatrième siècle de notre ère (Huang et Pei, 1987). Les deux premières formes de lutte biologique n'appellent pas à une approche systémique de re-conception des systèmes de culture, la deuxième forme notamment ayant recours aux lâchers inondatifs en substitution de traitements chimiques. En revanche, la troisième forme de lutte biologique, celle « par conservation », qui s'appuie sur la notion de gestion des habitats (Deguine et Ratnadass, 2013), en appelle à la re-conception des systèmes de culture pour rompre avec l'utilisation de produits chimiques de protection des cultures.

1. Intensification écologique et régulation des bio-agresseurs

L'application des approches de l'agro-écologie (Wezel *et al.*, 2009) et de l'intensification écologique (Griffon, 2013) à la protection des cultures (Deguine *et al.*, 2008 ; Ratnadass et Barzman, 2014) en appelle à la re-conception des systèmes de culture, en particulier via l'augmentation de la biodiversité des espèces végétales dans les champs cultivés ou autour de ceux-ci.

Cette diversification végétale, pilier de l'approche agro-écologique, aboutit en effet dans certaines conditions à la régulation des bio-agresseurs via différents processus, telluriques ou aériens, « *bottom-up* » ou « *top-down* », parfois plusieurs en combinaison (Ratnadass *et al.*, 2012).

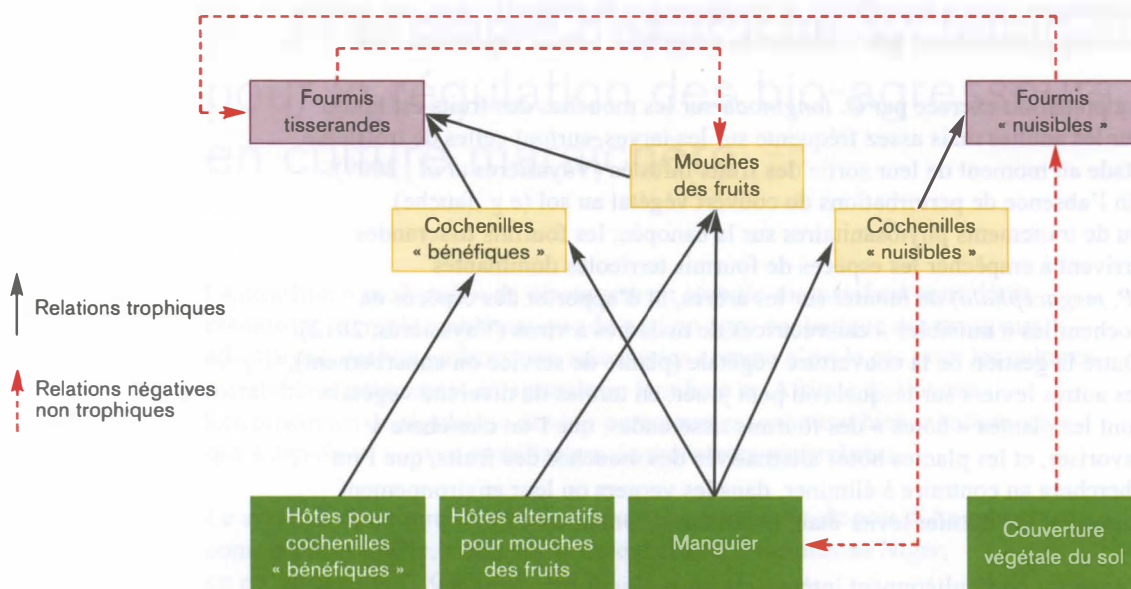


Principaux processus de réduction de l'impact des bio-agresseurs via l'introduction de diversité végétale spécifique dans les agroécosystèmes

D'après Ratnadass et al., 2012.

2. Un exemple d'approche systémique pour la régulation des bio-agresseurs en arboriculture fruitière

Considérée comme le plus ancien exemple de lutte biologique par conservation, l'utilisation en Asie des fourmis tisserandes (*Oecophylla smaragdina*) est aussi promue en Afrique avec l'espèce voisine *O. longinoda*, particulièrement en vergers de manguiers (Van Mele *et al.*, 2007).



Représentation simplifiée d'un réseau trophique en verger de manguiers en Afrique de l'Ouest (Bénin) avec les leviers d'action sur la diversité végétale pour l'optimiser via des effets « top-down ». Adapté de Ratnadass et Barzman, 2014.

Au premier niveau trophique, on trouve le manguier et les plantes hôtes des mouches des fruits. Celles-ci, essentiellement *Bactrocera invadens* et *Ceratitidis cosyra*, appartiennent au deuxième niveau trophique. On trouve un troisième niveau trophique constitué par des fourmis, « bénéfiques », comme *O. longinoda*, ou « nuisibles » comme *Pheidole megacephala*. Ces fourmis sont en fait attirées par des cochenilles, « bénéfiques » ou « nuisibles », qui appartiennent également au deuxième niveau trophique.

Au Bénin, de nombreuses espèces ligneuses hébergent des nids d'*O. longinoda*, sur lesquels on trouve plusieurs espèces de cochenilles que les fourmis tisserandes protègent, véhiculent et dont elles exploitent le miellat. La plupart de ces espèces ne sont pas nuisibles au manguier car elles ne colonisent généralement que les rameaux de l'arbre et les pétioles des fruits, plus rarement les fruits sur lesquels elles n'occasionnent que des dommages visuels superficiels, n'atteignant pas la pulpe. De plus, ces espèces ne sont généralement pas vectrices de maladies à virus (Vayssières, 2012).

La prédation exercée par *O. longinoda* sur les mouches des fruits est faible sur les adultes mais assez fréquente sur les larves, surtout celles de troisième stade au moment de leur sortie des fruits infestés (Vayssières *et al.*, 2009). En l'absence de perturbations du couvert végétal au sol (e.g. fauche) ou de traitements phytosanitaires sur la canopée, les fourmis tisserandes arrivent à empêcher les espèces de fourmis terricoles dominantes (*P. megacephala*) de monter sur les arbres, et d'apporter des espèces de cochenilles « nuisibles » car vectrices de maladies à virus (Vayssières, 2012). Outre la gestion de la couverture végétale (plante de service ou enherbement), les autres leviers sur lesquels on peut jouer, en termes de diversité végétale, sont les plantes « hôtes » des fourmis tisserandes, que l'on cherchera à favoriser, et les plantes hôtes alternatives des mouches des fruits, que l'on cherchera au contraire à éliminer, dans les vergers ou leur environnement immédiat (ce dernier levier étant purement « bottom-up »).

Ce qui est particulièrement intéressant est la réaction de répulsion sur les mouches des fruits générée par les fourmis tisserandes après leur passage sur les fruits. Au laboratoire, on a mis en évidence un effet répulsif des traces de ces passages sur les femelles de *C. cosyra* et de *B. invadens*. Cela conduisait également à une diminution du nombre de piqûres de ponte et donc,

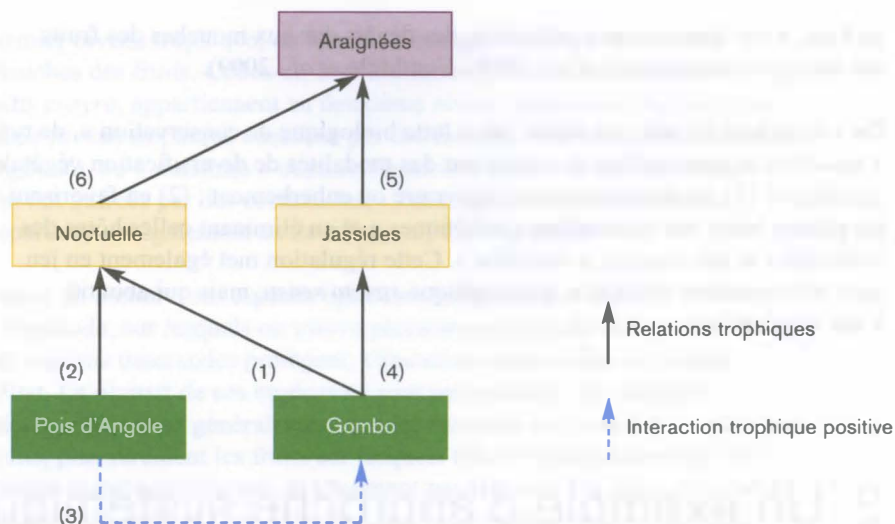
au final, à une diminution significative des dégâts dus aux mouches des fruits sur mangues (Adandonon *et al.*, 2009 ; Van Mele *et al.*, 2009).

On a donc bien ici une régulation par « lutte biologique de conservation », de type « *top-down* », pouvant être favorisée par des modalités de diversification végétale spécifique : (1) en maintenant une couverture ou enherbement ; (2) en favorisant les plantes hôtes des cochenilles « bénéfiques » et en éliminant celles hôtes des cochenilles et des fourmis « nuisibles ». Cette régulation met également en jeu un « détournement répulsif », pas trophique *stricto sensu*, mais qui aboutit à une régulation.

3. Un exemple d'approche systémique pour la régulation des bio-agresseurs en culture maraîchère

La stratégie « *push-pull* » de détournement stimulo-dissuasif est considérée comme un exemple emblématique de gestion agro-écologique des ravageurs, adaptée aux petites surfaces non mécanisées comme c'est le cas pour les cultures maraîchères notamment en agriculture familiale en Afrique de l'Ouest. Les processus de régulation des bio-agresseurs y sont aussi bien « *bottom-up* » que « *top-down* », avec mobilisation de prédateurs généralistes.

Le système de culture du gombo en parcelles entourées de pois d'Angole comme plante-piège, établi sur la base d'études conduites au Niger, en est un exemple (ICRISAT, 2010).



Représentation simplifiée du réseau trophique associé à des parcelles de gombo entourées de pois d'Angole : (1 et 2) le gombo et le pois d'Angole, tous deux producteurs primaires, sont consommés par la noctuelle ; (3) le pois d'Angole facilite la nutrition azotée du gombo ; (4) le gombo est consommé par les jassides ; (5 et 6) la noctuelle et les jassides, qui sont phytophages, sont consommées par des araignées prédatrices.

Au premier niveau trophique, on trouve le gombo et le pois d'Angole, attaqués tous deux par la noctuelle *Helicoverpa armigera* (ravageur « cible », au second niveau trophique), le gombo l'étant aussi par des piqueurs-suceurs, notamment jassides *Empoasca*, spp. peu dommageables car leur infestation se produit au stade végétatif quand la plante peut les compenser, et qu'ils ne sont pas vecteurs de maladies virales. De plus, cette infestation précoce entraîne une plus forte colonisation de la parcelle par des araignées (prédateurs généralistes), suivie d'une infestation moindre de ces mêmes parcelles par *H. armigera*. Le pois d'Angole pourrait ainsi favoriser, par une meilleure nutrition azotée (interaction trophique positive) le développement du gombo, le rendant plus attractif pour les jassides, qui attireraient elles-mêmes les araignées, qui réguleraient elles-mêmes la noctuelle sur le gombo (en plus du seul effet attractif « *bottom-up* »).

En termes de traits fonctionnels par rapport au service régulation de la noctuelle, c'est le pois d'Angole, en particulier une variété extra-précoce, qui s'est révélé le plus prometteur par rapport aux deux autres plantes pièges évaluées, à savoir le sorgho et le coton.

Ainsi, les prédateurs sont plus abondants sur sorgho (fourmis, coccinelles et araignées, punaises Orius) mais le contrôle manuel est difficile du fait de la compacité des panicules, et la période d'attractivité est courte.

Sur le coton, la période d'attractivité est longue, mais avec peu de possibilité de régulation naturelle ou de contrôle manuel une fois que le « ver est dans le fruit ».

Sur pois d'Angole, il y a peu de prédateurs, mais la période d'attractivité est étendue et le contrôle manuel est facile. Avec en plus un effet bénéfique de la fixation d'azote, y compris par effets « en cascade », une régulation accrue de la noctuelle par des prédateurs généralistes directement sur le gombo.

On a donc là aussi des régulations par « lutte biologique de conservation », de type « *top-down* », avec des détournements attractifs différents selon que c'est le sorgho ou le pois d'Angole qui est utilisé comme plante piège de bordure.

4. Conclusions et perspectives

Cette approche systémique de re-conception par une intensification écologique fondée sur la diversification végétale des systèmes horticoles pour favoriser l'action des auxiliaires est aussi mise en œuvre en Martinique.

En arboriculture fruitière, il s'agit, sur la base de résultats obtenus en Guadeloupe (Le Bellec *et al.*, 2010 ; Mailloux *et al.*, 2010), d'étudier l'effet de l'introduction et de la gestion de différentes espèces de plantes en couvertures végétales dans les vergers sur la régulation des acariens ravageurs des agrumes (Tarsonèmes, Tétranyques et Phytomyces) par les acariens prédateurs Phytoseiides.

En maraîchage, des premiers résultats sur l'utilisation du maïs comme plante piège pour protéger la tomate contre la noctuelle américaine *Helicoverpa zea*, ont permis le développement d'un modèle spatialement explicite individu-centré pour optimiser l'agencement spatio-temporel de la plante piège en vue d'une régulation par processus « *bottom-up* ». Des études sont également en cours en vue d'augmenter la régulation « *top-down* » sur la plante-piège, via des prédateurs généralistes comme les punaises Orius et des coccinelles.

Références citées

Ouvrages de synthèse recommandés

- Les dossiers d'*Agropolis international* n° 4 (« Lutte biologique, biodiversité et écologie en protection des plantes ») et n° 12 (« Agronomie : plantes cultivées et systèmes de culture »). <https://www.agropolis.fr/pdf/dossier-lutte-biologique.pdf>
- GRIFFON M. 2013. *Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive ?* Éditions Quae, Versailles, France.
- DEGUINE J.-P., FERRON P., RUSSELL D. 2008. *Protection des cultures : de l'agrochimie à l'agroécologie*. Éditions Quae, Versailles, France.

Autres références citées

- ADANDONON A., VAYSSIÈRES J.F., SINZOGAN A., VAN MELE P. 2009. "Density of pheromone sources of the weaver ant *Oecophylla longinoda* (Hymenoptera Formicidae) affects oviposition behaviour and damage by mango fruit flies (*Diptera Tephritidae*)". *International Journal of Pest Management*, 55 : 285-292.
- CALTAGIRONE L.E., DOUTT R.L. 1989. "The history of the vedalia beetle importation to California and its impact on the development of biological control." *Ann. Rev. Entomol.*, 34 : 1-16.
- DEGUINE J.P., RATNADASS A. 2013. La gestion des habitats, pilier de l'agro-écologie. In : SAUVION N., CALATAYUD P.-A., THIÉRY D., MARION-POLL F. (eds.), *Interactions insectes-plantes*. Éd. IRD (Marseille) et Éd. Quae (Versailles), p. 721-732.
- HUANG H.T., PEI Y. 1987. "The ancient cultured citrus ant, a tropical ant is used to control insect pests in southern China." *Bioscience*, 37 : 665-671.
- ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics) *Western and Central Africa Region. 2010. Towards greater impacts*. ICRISAT-Bamako BP. 320, Bamako, Mali. 64 pp.

- LE BELLEC F., MAILLOUX J., DUBOIS P., RAJAUD A., KREITER S., BOCKSTALLER C., TIXIER M.-S., MALÉZIEUX E. 2010. "Phytoseiid mites (Acari) are bio-indicators of agricultural practice impact on the agroecosystem functioning: the case of weed management in citrus orchards." In : WERY J., SHILI-TOUZI I., PERRIN A. (eds.), *Proceedings of Agro 2010 : the XIth ESA Congress, August 29th-September 3rd, 2010, Montpellier, France, Montpellier, Agropolis international*, 157-158.
- MAILLOUX J., LE BELLEC F., KREITER S., TIXIER M.-S., DUBOIS P. 2010. "Influence of ground cover management on diversity and density of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) in Guadeloupean citrus orchards." *Experimental and applied acarology*, 52 (3) : 275-290.
- RATNADASS A., FERNANDES P., AVELINO J., HABIB R. 2012. "Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review." *Agronomy for Sustainable Development*, 32 (1) : 273-303.
- RATNADASS A., BLANCHART E., LECOMTE P. 2013. « Interactions écologiques au sein de la biodiversité des systèmes cultivés. » In : *Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture*. Éditions Quae, Versailles, France, pp. 147-183.
- RATNADASS A., BARZMAN M. 2014. "Ecological intensification for crop protection." In : OZIER-LAFONTAINE H., LESUEUR-JANNOYER M. (eds.), *Agroecology and global change, Series Sustainable Agriculture Reviews* (E. Lichtfouse ed.), 14 (in press)
- VAN MELE P., VAYSSIÈRES J.F., ADANDONON A., SINZOGAN A. 2009. "Ant cues affect the oviposition behaviour of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Africa." *Physiol Entomol*, 34 : 256-261.
- VAN MELE P., VAYSSIÈRES J.F., VAN TELLINGEN E., VROLIJS J. 2007. "Effects of an African weaver ant, *Oecophylla longinoda*, in controlling mango fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Benin." *J. Econ Entomol*, 100 : 695-701.
- VAYSSIÈRES J.F., ADANDONON A., SINZOGAN A., VAN MELE P. 2009. "Allies in nature." *IITA-R4D Review*, Edition 3. September 2009, 31-33.
- VAYSSIÈRES J.F. 2012. *Tri-trophic relations between different food web structures about fruit flies in tropical fruit agroecosystems*. Habilitation à diriger des recherches. CIRAD-Hortsys. Université Paris Est, Paris, France, p. 158.
- WEZEL A., BELLON S., DORÉ T., FRANCIS C., VALLOD D., DAVID C. 2009. "Agroecology as a science, a movement and a practice. A review." *Agron Sustain Dev*, 29 : 503-515.